

Fernseh- und Spezialröhren

Die 30er Jahre waren auch die Entwicklungszeit des Fernsehrundfunks. Für die Mischstufe der Empfänger war eine Spezialentwicklung noch nicht erforderlich, da das Fernsehen sich damals im 7-m-Band abspielte, in dem die Trioden-Hexoden noch gut brauchbar blieben. An Spezialröhren für den Empfänger war in erster Linie eine Breitbandverstärkerröhre für die Zwischenfrequenz erforderlich. Diese Aufgabe wurde von der Röhre EF 14 gelöst. Ebenso wichtige Entwicklungsaufgaben lagen auch in den Spezialröhren für den Ablenkteil und in der Erzeugung der Hochspannung für die Braunsche Röhre aus der Zeilenablenkspannung vor, wofür die Röhre ES 111 eine besonders interessante Lösung bildete.

Auch auf der Bildröhrenseite wurden schon damals entscheidende Entwicklungen durchgeführt. So wurde von Telefunken-Ingenieuren bereits im Jahre 1939 die Rechteckbildröhre geschaffen. Sie war wesentlich mitbestimmend für den geplanten deutschen Fernseh-Einheitsempfänger FE 1.

Zu Beginn der 30er Jahre begann Telefunken wieder eine eigene Röhrenentwicklung für das Nicht-Rundfunkgebiet. Neben dem Weitverkehr wurden auch transportable Geräte verschiedenster Art in immer größerer

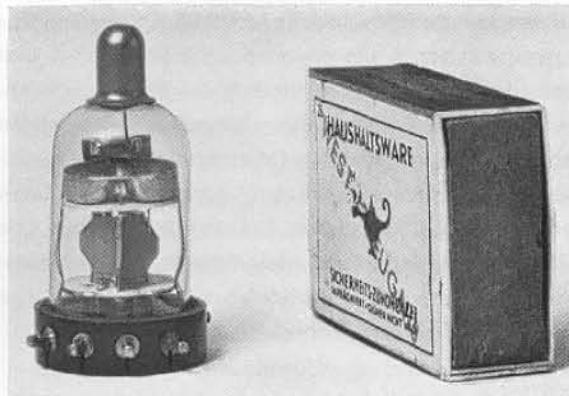


Bild 10: Die Pentode RV 12 P 2000.

bekanntgewordenen Röhre RV-12-P-2000 die gestellten Anforderungen erfüllt seien (Bild 10). Die „Einheitstypen“ blieb aber ein frommer Wunsch, denn daneben wurden doch wieder Röhren für besondere Zwecke verlangt.

In einigen Punkten wirkte sich die Spezialröhrenentwicklung doch sehr positiv aus. Sie veranlaßte in erheblichem Umfang neue technologische Maßnahmen. Die Systeme und Röhrenkolben waren meist merklich kleiner als bei den entsprechenden Rundfunkröhren. Dabei wurden zahlreiche sockellose Röhren (wie heute auch im Rundfunk üblich) geschaf-

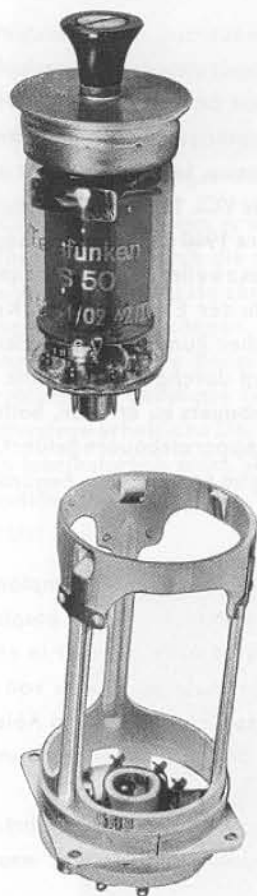


Bild 11: Erste Senderöhre in Einendausführung (LS 50).

fen. Eine besondere Rolle spielte — allerdings erst anfangs der 40er Jahre — die Entwicklung einer Kolbennormenreihe, die zwar keineswegs billig war, aber dafür wirklich schwierigste Forderungen gut erfüllte, die man an Röhren für Sondergeräte zu stellen pflegt.

Die gleichen Gründe, die zu der Spezialempfängerröhrenentwicklung geführt hatten, beeinflussten auch die Senderöhrenentwicklung in nicht geringem Maße. Es entstand ein erhebliches Interesse an kleineren und mittleren Typen. Die kleinen Senderöhren konnten in ihrer Technik den Spezialempfängerröhren ähnlich gebaut werden. Für mittlere Leistungen (über 20 Watt) wurde die Pentodenentwicklung bis zu Meterwellen vorwärtsgelassen. Ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der Kurzwellen-Eigenschaften war die Benutzung einer zweiten Bremsgitterausführung am oberen Kolbenende neben der Anode, wie etwa bei der 800-Watt-Pentode RS 384. Gegen Ende der 30er Jahre wurde die LS 50 (Bild 11) eingeführt, die erste Senderöhre mittlerer Größe (50 Watt) in Einendausführung. Ein weiterer technologischer Fortschritt war die Einführung der Oxydkathode in Außenanodenröhren wie bei der RV 900 (Bild 12).

Die Entwicklung der Wasserkühlröhren war, was den Rundfunk- und Langwellen-

Zahl verlangt. Navigation, Nachrichtenverkehr mit Flugzeugen und Sondergeräte der Wehrmacht erforderten eine den Spezialbedürfnissen angepaßte Röhrenentwicklung, denn hier waren Typen erwünscht, die weniger dem Wandel der Zeit unterworfen waren als die damaligen Rundfunkempfängerröhren. Man glaubte auch, den alten Traum nach der „Einheitstypen“ realisieren zu können. Hinzu kamen noch Sonderwünsche bezüglich der mechanischen Ausführung, wie schnellste Auswechslung und Unempfindlichkeit gegen Stöße. Eine Zeitlang schien es, als ob mit der in sehr großen Stückzahlen gebauten, weit

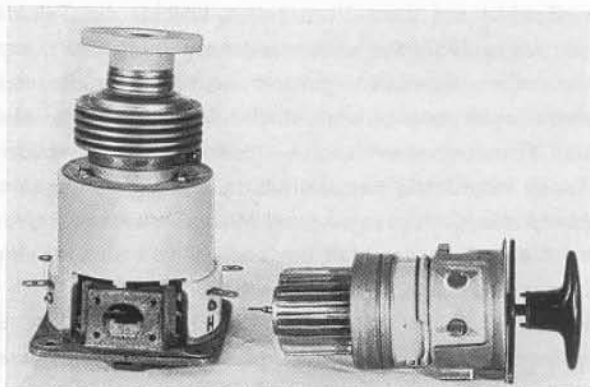


Bild 12: Außenanoden-Röhre mit Oxydkathode (RV 900).

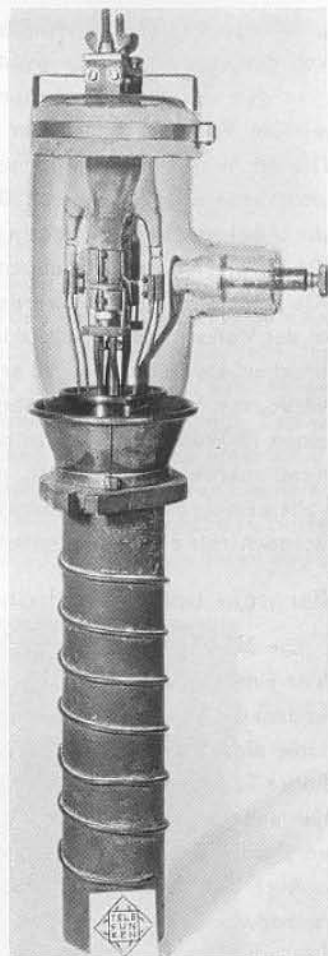


Bild 13: Großleistungsrohr für das Kurzwellengebiet (RS 257).

bereich betrifft, in den 30er Jahren hauptsächlich auf die Verbilligung des Sendebetriebs abgestellt. Eine besondere Bedeutung erlangte die Type RS 366, die für die Bestückung fast aller deutschen und auch vieler ausländischen Rundfunksender benutzt wurde. Nebenher wurde u. a. die Entwicklung von Wasserkühlröhren mit Trägerleistung bis zu 500 kW betrieben. Sie kam aber nicht zu einem Abschluß, da das Interesse des Kunden wieder nachließ.

In dieser Zeit entstand auch der Bedarf an Großleistungsröhren für das Kurzwellengebiet. Hierfür wurde im Osram-Werk A die Röhre RS 257 (Bild 13) entwickelt und für transozeanische Kurzwellensender (Rundfunksender für die Olympischen Spiele in Berlin 1936) in größeren Stückzahlen gebaut. Eine besonders interessante Kurzwellensenderöhre, die allerdings erst anfangs der 40er Jahre fertig wurde, war die RS 564. Sie war die erste Großleistungsröhre mit Thorium-Wolframkathode, hatte eine Trägerleistung von rund 100 kW bei 100%iger Modulierbarkeit und arbeitete mit der bei Thoriumkathoden damals unwahrscheinlich hohen Anodengleichspannung von 12 000 Volt. Ihre Zuleitungen waren koaxial.

Der mit der RS 564 bestückte Kurzwellensender „Marius“ war seinerzeit in Anbetracht des kontinuierlichen Abstimmbereiches von 15 bis 90 m Wellenlänge bei schnellstem Wellenwechsel eine Weltbestleistung und wohl auch das Meisterwerk seines Erbauers W. Buschbeck.

Bei Fernsehendern spielt die trotz der Anwendung von Ultrakurzwellen relativ große Bandbreite eine besondere Rolle. Die für die Senderendstufe zu stellenden Anforderungen konnten durch eine Sonderausführung der Röhre RS 257 mit Thoriumkathode und erhöhter Steilheit erfüllt werden. Daneben waren noch einige Spezialröhren für den Breitbandmodulator erforderlich. Auch an den Entwicklungsarbeiten auf der Studioseite hatte Telefunken in dieser Zeit entscheidenden Anteil. Telefunken-Ikonoskope und -Super-Ikonoskope gestatteten den Bau von für die damalige Zeit hochwertigen Aufnahmeapparaturen. Nachdem mit den von uns gebauten Kameras schon während der Berliner Olympiade (1936) ein öffentlicher Fernsehbetrieb mit Projektionsempfängern in Fernsehstuben eingerichtet worden war, konnten im Jahre 1939 die Heimempfänger in großem Umfange erprobt werden.

Röhren für Dezimeter- und Zentimeterwellen

In den 30er Jahren begannen neben den geschilderten Entwicklungen in größerem Umfang auch solche im Dezimeter- und Zentimeterwellengebiet für Navigation, Richtfunkverbindungen, Radartechnik und Fernsteuerung. Abgesehen von der Magnetfeldröhren- (Magnetron-) Entwicklung, die seit etwa 1935 bei uns lief, bemühten wir uns, auch die normale gittergesteuerte Elektronenröhre für die kürzesten Wellen brauchbar zu machen. Die Probleme waren hier die Kapazitäten und Selbstinduktionen sowie die Laufzeiteffekte. Genauer genommen ist es meist nicht die Kapazität schlechthin, sondern das Verhältnis Steilheit zu Kapazität, das die Eignung einer Röhre für dieses Wellengebiet bestimmt, und das vor allem beachtet werden muß.

Im Kampf gegen die störenden Einflüsse der Elektrodenzuleitungs-Induktivitäten gelangte man zunächst zu flachen Böden mit parallel verzweigten Stiftdurchführungen und dicht am Boden liegenden Systemen, wie sie LD 1, LD 3 und LD 5 aufweisen. Sie hatten Oxydkathoden, wenige Watt Leistung und Grenzwellen bei etwa 20 cm. Ein anderer Weg führte zu Gegentaktröhren mit Schirmgittern, teils auch Bremsgittern, bei denen die Kathoden, die Schirmgitter und die Bremsgitter im Innern kurzgeschlossen waren (LV 4, RS 383 und LS 125 mit 200 Watt Dauerleistung, fremderregt bei $\lambda = 1$ m). Eine weitere Vervollkommnung auf diesem Wege war das Einbringen des Schwingungskreises in den Kolben, das immerhin noch 10% Wellenvariation gestattete und zu einer Type von 100 kW Impulsleistung bei $\lambda = 50$ cm führte (LS 600) (Bild 14). Die letztgenannten Röhren

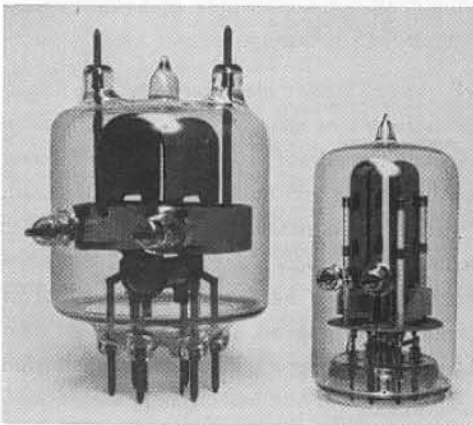


Bild 14: Röhren mit eingebauten Schwingkreisen.

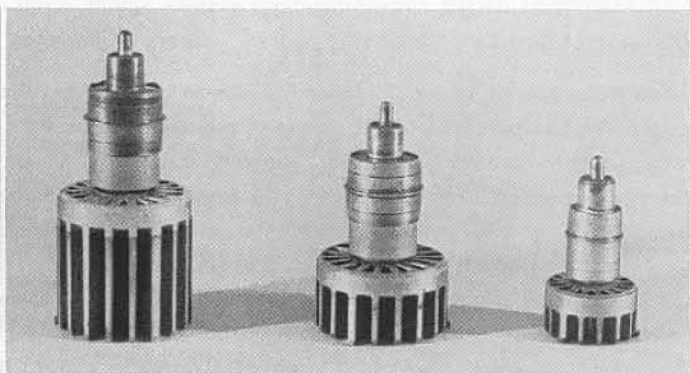


Bild 15: Metallkeramikröhren. Von links nach rechts:
LS 500, LD 7, LD 11.

wurden durch *F. Hülster* und *K. Koopmann*[†] entwickelt. Aus weiteren Versuchen war es zu ersehen, daß ein erheblicher Sprung in der Herabsetzung der Grenzwellenlänge — sagen wir um 1 bis 2 Oktaven — nur durch völlig koaxiale Zuleitungen erzielt werden konnte. Hierfür ergaben sich zwei Wege, die Scheibendurchführung durch Glas und die Metall-Keramiktechnik. In Verfolgung des ersten wurden Kupferscheibendurchführungen in Weichglas sowie auch Kovardurchführungen in Hartglas versucht. Der erste Weg war hauptsächlich für Röhren kleinerer Leistung, der zweite für Röhren größter Leistung gedacht. Es gelang bereits um 1940, nach beiden Methoden sehr brauchbare Dezimeterrohre zu bauen. Die technologischen Schwierigkeiten waren allerdings nicht gering. Die Metall-Keramiktechnik aber, die etwa um 1935 von *H. Pulfrich* begonnen wurde, ermöglichte höhere Genauigkeit im Systemaufbau, insbesondere im Gitter-Kathodenabstand. *G. Tschoepe*[†] entwickelte nach Auffinden einiger technologischer Kunstgriffe eine Serie von Metall-Keramikröhren. Es gelang, mit den Empfängerröhren LD 10, LD 11, LD 12 auch in das Zentimeterwellengebiet vorzudringen. Die LD 12 arbeitete als selbstschwingender Generator noch bis etwa 7 cm; als fremdgesteuerte Verdopplerröhre lieferte sie eine Leistung von nahezu 1 Watt bei $\lambda = 5$ cm. LD 7 und LD 9 (Bild 15) waren sowohl als Dauerstrichtriode wie auch als Impulsröhren geeignet. In letzterem Falle gaben sie Leistungen von rund 10 kW ab, während ihre Dauerstrichleistungen im Dezimetergebiet bei 200 Watt lagen. LD 9 wurde als Impulsröhre noch bei 9 cm erfolgreich benutzt. In der Praxis arbeiteten die Metall-Keramikröhren hauptsächlich im Gebiete von 20—30 cm.

Die bisher erwähnten Metall-Keramikröhren hatten nahezu ebene, genauer genommen kalottenförmige Elektroden. Es wurden aber auch Röhren mit zylindrischem Systemaufbau entwickelt, die für größere Leistungen bei etwas längeren Wellen mit kontinuierlichem Betrieb geeignet waren. Die erste Type dieser Bauart, die auch in Serienproduktion genommen wurde, war die LS 500. Sie gab bis ungefähr 80 cm Wellenlänge rund 500 Watt Trägerleistung bei kontinuierlichem Betrieb und nahezu 100prozentiger Modulation ab. Eine LS 1000 mit rund der doppelten Leistung lag 1944 in den ersten Entwicklungsmustern vor. Röhren nach diesem Bauprinzip mit noch größeren Leistungen und für kürzere Wellen waren projektiert.

In der Funkmeßtechnik wurden auch Modulatorröhren zur Erzeugung der Impulsanodenspannung für die Generatorröhren benötigt. Dies mußten Röhren mit ungleich höherer Spannungsfestigkeit und hoher Emission sein, jedoch mit sonst normaler Elektrodenform.



Bild 16: Gasentladungsröhre zum Schutze des Empfängers bei Radargeräten (Nullode).

Eine weitere Spezialröhrenentwicklung ergab sich aus Bedürfnissen der Funkmeßtechnik. Dort ist es üblich, Sender und Empfänger an ein und derselben Antenne arbeiten zu lassen. Bei größeren Leistungen sind dann Mittel erforderlich, den Empfänger vor Schädigungen durch den Sendepuls zu schützen. Diese Aufgabe wurde durch die „Nulloden“ erfüllt (Bild 16), Röhren, in denen eine vom Sendepuls veranlaßte kurzzeitige Gasentladung einsetzt, so daß ein schützender Kurzschluß am Empfängereingang entsteht (*W. Stepp*). Die Entwicklung dieser scheinbar so einfachen

Röhren erforderte eingehende physikalische Untersuchungen über die zweckmäßigste Füllung, denn es war notwendig, die „Entelektronisierungszeit“ — d. h. den Zeitraum, in dem sich die freien Elektronen nach Abklingen des Sendepulses an Moleküle anlagern — so kurz wie möglich zu machen. Sie wurden von dem durch seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der Röhren bei höchsten Frequenzen bekannten *Johannes Müller* durchgeführt.

Magnetfeldröhren

Seit vielen Jahren war es den Röhrenphysikern klar, daß bei aller kürzesten Wellen die gittergesteuerte Röhre wegen der Laufzeiteffekte der Elektronen versagen würde. Es war deshalb eine sehr wichtige Frage, welche Art von Röhren (vorwiegend für Schwingungserzeugung) für cm-Wellen brauchbar wäre. Derartige Röhren konnten nur unter Berücksichtigung oder sogar unter spezifischer Ausnutzung von Laufzeiteffekten arbeiten. Die ältesten grundlegenden Erfindungen auf diesem Gebiete waren die *Barkhausen-Kurzröhre* und das *Magnetron*, letzteres erfunden von *A. Zacek* (1923 einanodig). Telefunken entschloß sich Ende der 20er Jahre zur Bearbeitung von Röhren im Laufzeitgebiet und begann Untersuchungen mit beiden Arten. Die zunächst besonders naheliegende *Barkhausen-Kurzröhre* zeigte aber geringen Wirkungsgrad, so daß man bald zum *Magnetron* überging, anfänglich noch bei Dezimeterwellen. Mit der Verbesserung der gittergesteuerten Röhren zu immer kürzeren Wellen hin wurde aber das Wellengebiet für das *Magnetron* stetig verschoben und war bald im Zentimetergebiet angelangt.

Die Telefunken-Magnetronentwicklung unter *K. Fritz* zielte zunächst auf das durchstimmbare Magnetron kleiner Leistung, wie es den Bedürfnissen des Richtfunks entsprach. Die Type RD 2 Md, welche zwischen 9 und 22 cm durchstimmbare war (Bild 17), fand für verschiedene Zwecke größere Verbreitung. Sie hatte eine technologisch besonders interessante Bauform (*K. Goslar*) mit Segmenten aus massivem Thorium, die wenig Zerstäubung zeigten. Frühzeitig begann auch die Entwicklung von elektrisch durchstimmbaren Impulsmagnetrons, und zwar entsprechend den damaligen Anschauungen, daß aus taktischen Gründen alle Sender durchstimmbare sein mußten. Bereits im Jahre 1940 war ein Impulsmagnetron für das Gebiet von 18... 20 cm mit einer Leistung von 8 kW fertig. Da damals das Interesse der Kundschaft an Röhren dieser Art gering war, unterblieben weitere Entwicklungen, obwohl Entwürfe für Röhren mit größeren Leistungen nach dem gleichen Prinzip bereits vorlagen.

Als in der Mitte des zweiten Weltkrieges die Zentimeter-Radargeräte der Alliierten mit festen Wellen bekannt wurden, ließ man auch in Deutschland von der Forderung nach Durchstimbarkeit ab. In kürzester Zeit wurden deshalb — gestützt auf die bisherigen Magnetronerfahrungen — auch Impulsmagnetrons großer Leistungen im Zentimetergebiet entwickelt. Auch die Technik der Triffröhren (heute meist Klystron genannt) hat Telefunken nach Ankauf des Patents von *O. Heil* in Angriff genommen (1935). Sie erwies sich zunächst als fremdartiger und schwieriger als z. B. die der Magnetfeldröhren. Die leichte Frequenzmodulierbarkeit durch die Reflektorspannung war damals noch nicht aktuell. So kamen nur wenige Jahre später einige Typen von Triffröhren als Überlagerer für cm-Wellen-Empfänger zustande. Entwürfe größerer Röhren waren vorhanden, blieben aber unausgeführt. Neben diesen Spezialentwicklungen waren ebenfalls in den 30er Jahren allgemeiner angelegte Forschungen über Elektronenströmung zur Verstärkung von Zentimeterwellen begonnen worden. Dabei entwickelte insbesondere *M. Geiger* Gedankengänge, die sich mit der heutigen Wanderfeldröhre weitgehend decken. Durch den anwachsenden Tagesbedarf in den Kriegsjahren wurden diese Anläufe aber gebremst.

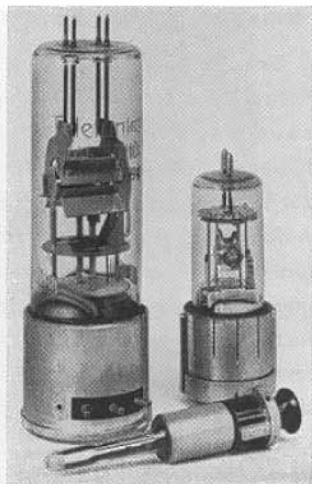


Bild 17: Magnetfeldröhren.